

Docket No.: 50212-527

**PATENT**

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re Application of	:	Customer Number: 20277
	:	
Hitoshi HATAYAMA, et al.	:	Confirmation Number:
	:	
Serial No.:	:	Group Art Unit:
	:	
Filed: September 05, 2003	:	Examiner: Unknown
	:	
For:		OPTICAL COMPONENT, OPTICAL AMPLIFICATION MODULE, AND OPTICAL TRANSMISSION SYSTEM

**CLAIM OF PRIORITY AND  
TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT**

Mail Stop CPD  
Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

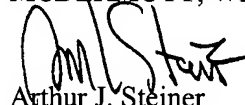
In accordance with the provisions of 35 U.S.C. 119, Applicants hereby claims the priority of:

**Japanese Patent Application No. 2002-264500, filed September 10, 2002**

cited in the Declaration of the present application. A certified copy is submitted herewith.

Respectfully submitted,

MCDERMOTT, WILL & EMERY



Arthur J. Steiner

Registration No. 26,106

600 13<sup>th</sup> Street, N.W.  
Washington, DC 20005-3096  
(202) 756-8000 AJS:tlb  
Facsimile: (202) 756-8087  
**Date: September 5, 2003**

日 本 国 特 許 庁

JAPAN PATENT OFFICE

*McDermott, Will & Emery*

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 9月10日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-264500

[ ST.10/C ]:

[ JP 2002-264500 ]

出 願 人

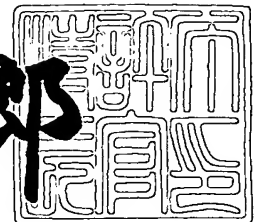
Applicant(s):

住友電気工業株式会社

2003年 4月 4日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3024023

【書類名】 特許願

【整理番号】 102Y0442

【提出日】 平成14年 9月10日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 5/20

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電気工業株式会  
社横浜製作所内

    【氏名】 畑山 均

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電気工業株式会  
社横浜製作所内

    【氏名】 角井 素貴

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電気工業株式会  
社横浜製作所内

    【氏名】 薮 龍彦

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電気工業株式会  
社横浜製作所内

    【氏名】 重松 昌行

【特許出願人】

    【識別番号】 000002130

    【氏名又は名称】 住友電気工業株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100088155

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 長谷川 芳樹

【選任した代理人】

【識別番号】 100089978

【弁理士】

【氏名又は名称】 塩田 辰也

【選任した代理人】

【識別番号】 100092657

【弁理士】

【氏名又は名称】 寺崎 史朗

【選任した代理人】

【識別番号】 100110582

【弁理士】

【氏名又は名称】 柴田 昌聰

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014708

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0106993

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光部品、光増幅器モジュールおよび光伝送システム。

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光入力端から光出力端へ光を導波させる主光路と、

第 1 光カプラおよび第 2 光カプラとともに第 1 マッハツェンダ干渉計を構成する第 1 副光路と、

第 3 光カプラおよび第 4 光カプラとともに第 2 マッハツェンダ干渉計を構成する第 2 副光路と、

前記第 2 光カプラと前記第 3 光カプラとの間における第 3 副光路と、

前記第 1 光カプラと前記第 2 光カプラとの間における前記主光路および前記第 1 副光路の少なくとも一方の温度を調整する第 1 温度調整手段と、

前記第 3 光カプラと前記第 4 光カプラとの間における前記主光路および前記第 2 副光路の少なくとも一方の温度を調整する第 2 温度調整手段と、

前記第 2 光カプラと前記第 3 光カプラとの間における前記主光路および前記第 3 副光路の少なくとも一方に配置される濾波器と、  
を含み、

前記濾波器は波長依存性のある挿入損失を有し、

前記濾波器の挿入損失に基づいた前記第 1 温度調整手段および前記第 2 温度調整手段による温度調整により、所定の波長帯域中の所定波長における前記光入力端と前記光出力端との間の光の損失を設定することが可能な光部品。

【請求項 2】 前記濾波器は、

前記第 2 光カプラと前記第 3 光カプラとの間における前記主光路または前記第 3 副光路に配置される、第 5 光カプラ、第 6 光カプラ、および、第 7 光カプラと

前記第 5 光カプラおよび前記第 6 光カプラとともに第 3 マッハツェンダ干渉計を構成する第 4 副光路と、

前記第 6 光カプラおよび前記第 7 光カプラとともに第 4 マッハツェンダ干渉計を構成する第 5 副光路と、を含み、

前記第 4 副光路と、前記第 5 光カプラおよび前記第 6 光カプラの間の前記主光

路または前記第 3 副光路とにおける光路長がそれぞれ異なり、

前記第 5 副光路と、前記第 6 光カプラおよび前記第 7 光カプラの間の前記主光路または前記第 3 副光路とにおける光路長がそれぞれ異なる、請求項 1 に記載の光部品。

【請求項 3】 前記濾波器は、前記第 2 光カプラと前記第 3 光カプラとの間における前記主光路または前記第 3 副光路に形成されるグレーティングを含む、請求項 1 に記載の光部品。

【請求項 4】 前記濾波器は、  
前記第 2 光カプラと前記第 3 光カプラとの間における前記主光路に配置される第 1 フィルタ回路部と、

前記第 3 副光路に配置される第 2 フィルタ回路部と、を含み、

前記第 1 フィルタ回路部および前記第 2 フィルタ回路部の挿入損失スペクトルがそれぞれ異なる、請求項 1 に記載の光部品。

【請求項 5】 前記第 1 フィルタ回路部および前記第 2 フィルタ回路部は、グレーティングによって構成されている、請求項 4 に記載の光部品。

【請求項 6】 請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の光部品を含む光増幅器モジュール。

【請求項 7】 可変損失傾斜補償器を含む、請求項 6 に記載の光増幅器モジュール。

【請求項 8】 請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の光部品を含む光伝送システム。

【請求項 9】 可変損失傾斜補償器を含む、請求項 8 に記載の光伝送システム。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は、主に光増幅器における信号光の光増幅の利得を等化する利得等化器等として好適に用いられる光部品、その光部品を含む光増幅器モジュールおよびその光部品を含む光伝送システムに関する。

## 【 0 0 0 2 】

## 【従来の技術】

光増幅器は、励起光により励起可能な蛍光物質が添加され信号光を光増幅する光導波路と、この光導波路に励起光を供給する励起手段とを含み、光伝送視システムにおける中継局などに設けられる。特に、多波長の信号光を伝送する波長多重伝送システムに用いられる光増幅器は、多波長の信号光それぞれを互いに等しい利得で一括光増幅するとともに、多波長の信号光それぞれのパワーを一定の目標値として出力することが重要である。そこで、このような光増幅器において信号光の光増幅の利得を等化するために、光導波路における利得スペクトルと同様の形状の損失スペクトルを有する光フィルタといった光部品が利得等化器として用いられる。

## 【 0 0 0 3 】

例えば、非特許文献 1 には、マッハツェンダ干渉計を用いた光フィルタにより光増幅器の利得平坦化を図る技術が記載されている。また、非特許文献 2 には、上記非特許文献 1 に記載された光フィルタが 2 つ縦続接続された構成の光フィルタが記載されている。

## 【 0 0 0 4 】

上記非特許文献 1 に記載された技術では、例えば光増幅器の前段の光伝送路の損失が何等かの原因により変動して、光増幅器に入力する信号光のパワーが変動したときに、光増幅器から出力される信号光のパワーを一定に保とうとすると、光増幅器における信号光の光増幅の利得を変化させる必要がある。そして、利得を変化させると、利得の波長依存性すなわち利得傾斜が変動し、その結果、光増幅器の利得平坦性が損なわれ、光増幅器から出力される多波長の信号光それぞれのパワーが偏差を有することになる。

## 【 0 0 0 5 】

このような技術課題に対処するため、上記非特許文献 2 に記載された技術は、光フィルタを構成する各マッハツェンダ干渉計における各光カプラおよび各分岐光路それぞれの温度を入力信号光パワーに応じて調整することにより、光フィルタの損失傾斜を調整して、入力信号光パワーの変動に伴う利得傾斜の変動を補償

するものである。しかし、入力信号光パワーに応じて光フィルタの損失傾斜を変更すると、信号光波長帯域における損失レベルが変動し、光増幅器から光増幅されて出力される信号光の S / N 比が変動し劣化する。また、この光フィルタは、損失傾斜を調整するために設けられたヒータの数が 6 個と多く、損失傾斜の制御が複雑である。

【 0 0 0 6 】

更に、このような技術課題に対処すべく、光増幅器における利得等化器等として好適に用いられ、構成が簡易であって損失傾斜の制御が容易な光フィルタが特許文献 1 において提案されている。

【 0 0 0 7 】

【非特許文献 1】

K. Inoue, et al., "Tunable Gain Equalization Using a Mach-Zehnder Optical Filter in Multistage Fiber Amplifiers", IEEE Photonics Technology Letters, Vol.3, No.8, pp.718-720 (1991)

【非特許文献 2】

H. Toba, et al., "Demonstration of Optical FDM Based Self-Healing Ring Network Employing Arrayed-Waveguide-Grating ADM Filters and EDF As", Proceedings of ECOC '94, pp.263-266 (1994)

【特許文献 1】

国際公開第 0 1 / 0 5 0 0 5 号パンフレット

【 0 0 0 8 】

【発明が解決しようとする課題】

本発明者らは上記特許文献 1 に記載の光フィルタを用いて種々の実験を行った。その実験の中で本発明者らは、上記特許文献 1 に記載のフィルタのみでは利得傾斜の補償が完全にできない場合があることを発見した。

【 0 0 0 9 】

そこで本発明では、より高度に利得傾斜の補償が可能な、光部品、光増幅器モジュールおよび光伝送システムを提供することを課題とする。

【 0 0 1 0 】

## 【課題を解決するための手段】

本発明者らは、光増幅器への入射光のパワーが変化したときに、その入射光の波長に依存した利得変化が生じることに着目した。その利得変化の例を図 7 (a) に示す。図 7 (a) の例は、入射光のパワーを変化させた場合の、EDFA (エルビウム添加ファイバ増幅器) の EDF 部分の利得変化を示した図である。図 7 (a) に示すように、利得変化は入射光の波長に依存し、波長が 1 5 5 5 n m から 1 5 6 5 n m では略単調に短波長側ほど利得が大きくなるような直線形状の利得傾斜を取る。一方、波長が 1 5 2 5 n m 以上の広帯域信号波長域では、直線近似をすることは困難である。

## 【0 0 1 1】

上記特許文献 1 に記載の光フィルタを用いて、図 7 (b) に示す直線傾斜で補償した結果を図 8 に示す。なお、図 7 (b) の G 1 の直線傾斜は、図 7 (a) の  $P_{in} = -23 \text{ dBm}$  の利得傾斜に対応し、同様に、G 2 は  $P_{in} = -20 \text{ dBm}$  に、G 3 は  $P_{in} = -17 \text{ dBm}$  に、G 4 は  $P_{in} = -14 \text{ dBm}$  に、G 5 は  $P_{in} = -11 \text{ dBm}$  にそれぞれ対応している。また、図 8 では、補償後に残留する利得偏差を  $P_{in} = -11 \text{ dBm}$  の状態を基準として示したものである。

## 【0 0 1 2】

図 8 に示されるように、波長帯域が 1 5 3 8 n m よりも長波長側の場合には利得偏差の小さい補償ができるものの、広帯域信号波長域の場合には比較的大きな利得偏差を持つこととなる。本発明はこれらの知見に基づき、利得傾斜の波長特性に着目してなされたものである。

## 【0 0 1 3】

本発明の光部品は、光入力端から光出力端へ光を導波させる主光路と、第 1 光カプラおよび第 2 光カプラとともに第 1 マッハツェンダ干渉計を構成する第 1 副光路と、第 3 光カプラおよび第 4 光カプラとともに第 2 マッハツェンダ干渉計を構成する第 2 副光路と、第 2 光カプラと第 3 光カプラとの間における第 3 副光路と、第 1 光カプラと第 2 光カプラとの間における主光路および第 1 副光路の少なくとも一方の温度を調整する第 1 温度調整手段と、第 3 光カプラと第 4 光カプラとの間における主光路および第 2 副光路の少なくとも一方の温度を調整する第 2

温度調整手段と、第2光カプラと第3光カプラとの間における主光路および第3副光路の少なくとも一方に配置される濾波器と、を含み、濾波器は波長依存性のある挿入損失を有し、濾波器の挿入損失に基づいた第1温度調整手段および第2温度調整手段による温度調整により、所定の波長帯域中の所定波長における光入力端と光出力端との間の光の損失を設定することが可能である。

## 【0014】

本発明の光部品によれば、第1温度調整手段および第2温度調整手段による温度調整により、第1マッハツェンダ干渉計および第2マッハツェンダ干渉計それぞれの透過特性が調整される。この調整を濾波器の挿入損失に基づいて行えば、濾波器に伝搬する入射光の全入射光に対する割合を適切に調整することが可能になる。従って、濾波器の挿入損失に基づいた第1温度調整手段および第2温度調整手段による温度調整を行えば、所定波長に応じた損失形状の設定が可能となる。

## 【0015】

また本発明の光部品では、濾波器は、第2光カプラと第3光カプラとの間における主光路または第3副光路に配置される、第5光カプラ、第6光カプラ、および、第7光カプラと、第5光カプラおよび第6光カプラとともに第3マッハツェンダ干渉計を構成する第4副光路と、第6光カプラおよび第7光カプラとともに第4マッハツェンダ干渉計を構成する第5副光路と、を含み、第4副光路と、第5光カプラおよび第6光カプラの間の主光路または第3副光路とにおける光路長がそれぞれ異なり、第5副光路と、第6光カプラおよび第7光カプラの間の主光路または第3副光路とにおける光路長がそれぞれ異なることが好ましい。例えば、第4副光路と、第5光カプラおよび第6光カプラの間の主光路とにおける光路長がそれぞれ異なり、第5副光路と、第6光カプラおよび第7光カプラの間の主光路とにおける光路長がそれぞれ異なるように構成すれば、第3マッハツェンダ干渉計と第4マッハツェンダ干渉計とにおける挿入損失を簡便に設定することができる。

## 【0016】

また本発明の光部品では、濾波器は、第2光カプラと第3光カプラとの間にお

ける主光路または第3副光路に形成されるグレーティングを含むことが好ましい。グレーティングによって濾波器の挿入損失を設定できるので、より高精度の挿入損失の設定が可能となる。

## 【0017】

また本発明の光部品では、濾波器は、第2光カプラと第3光カプラとの間における主光路に配置される第1フィルタ回路部と、第3副光路に配置される第2フィルタ回路部と、を含み、第1フィルタ回路部および第2フィルタ回路部の挿入損失スペクトルがそれぞれ異なることが好ましい。第1マッハツェンダ干渉計および第2マッハツェンダ干渉計それぞれの透過特性の調整を、第1フィルタ回路部および第2フィルタ回路部の挿入損失スペクトルに基づいて行えば、第1フィルタ回路部および第2フィルタ回路部それぞれに伝搬する入射光の全入射光に対する割合を適切に調整することが可能になる。従って、2つの異なるフィルタ回路部の損失スペクトルの振幅比率を変えることが可能となる。

## 【0018】

また本発明の光部品では、第1フィルタ回路部および第2フィルタ回路部は、グレーティングによって構成されていることが好ましい。グレーティングによって第1フィルタ回路部および第2フィルタ回路部の挿入損失スペクトルを設定できるので、より高精度の挿入損失スペクトルの設定が可能となる。

## 【0019】

また上述の光部品を含む光増幅器モジュールにおいては、上述の光部品の作用を奏することができるので、より好適な光増幅器として機能する。

## 【0020】

また上述の光部品を含む光増幅器モジュールにおいては、可変損失傾斜補償器を含むことが好ましい。

## 【0021】

また上述の光部品を含む光伝送システムにおいては、上述の光部品の作用を奏することができるので、より好適な光伝送システムとして機能する。

## 【0022】

また上述の光部品を含む光伝送システムにおいては、可変損失傾斜補償器を含

むことが好ましい。

### 【 0 0 2 3 】

#### 【発明の実施の形態】

本発明の知見は、例示のみのために示された添付図面を参照して以下の詳細な記述を考慮することによって容易に理解することができる。引き続いて、添付図面を参照しながら本発明の実施の形態を説明する。可能な場合には、同一の部分には同一の符号を付して、重複する説明を省略する。

### 【 0 0 2 4 】

#### （第 1 実施形態）

本発明の第 1 実施形態における光フィルタ（光部品）について説明する。図 1 は、第 1 実施形態における光フィルタ 1 の構成を示した図である。光フィルタ 1 は、基板 1 0 上に形成された平面光導波路回路であって、主光路 2 0 と、第 1 副光路 2 1 と、第 2 副光路 2 3 と、ヒータ 5 1（第 1 温度調整手段）と、ヒータ 5 3（第 2 温度調整手段）と、濾波器 4 3 と、第 3 副光路 2 2 と、ヒータ 5 2 と、を含む。

### 【 0 0 2 5 】

主光路 2 0 は、基板 1 0 の一方の端面にある光入力端 1 1 と他方の端面にある光出力端 1 2 との間に設けられた光路である。光入力端 1 1 から光出力端 1 2 へ順に、第 1 光カップラ 3 1、第 2 光カップラ 3 2、第 3 光カップラ 3 3 および第 4 光カップラ 3 4 が設けられている。主光路 2 0 と第 1 副光路 2 1 とは、第 1 光カップラ 3 1 および第 2 光カップラ 3 2 それぞれを介して互いに光結合されている。そして、主光路 2 0、第 1 副光路 2 1、第 1 光カップラ 3 1 および第 2 光カップラ 3 2 は第 1 マッハツェンダ干渉計 4 1 を構成している。

### 【 0 0 2 6 】

主光路 2 0 と第 2 副光路 2 3 とは、第 3 光カップラ 3 3 および第 4 光カップラ 3 4 それぞれを介して互いに光結合されている。そして、主光路 2 0、第 2 副光路 2 3、第 3 光カップラ 3 3 および第 4 光カップラ 3 4 は第 2 マッハツェンダ干渉計 4 2 を構成している。第 1 マッハツェンダ干渉計 4 1 および第 2 マッハツェンダ干渉計 4 2 は、主光路 2 0 および第 3 副光路 2 2 を共有して互いに縦続接続されてい

る。主光路 2 0 と第 3 副光路 2 2 とは、第 2 光カプラ 3 2 および第 3 光カプラ 3 3 それぞれを介して互いに光結合されている。

#### 【 0 0 2 7 】

第 2 光カプラ 3 2 および第 3 光カプラ 3 3 の間の主光路 2 0 には、濾波器 4 3 が配置されている。濾波器 4 3 は、主光路 2 0 の第 1 マッハツェンダ干渉計 4 1 側から順に設けられている第 5 光カプラ 3 5 と、第 6 光カプラ 3 6 と、第 7 光カプラ 3 7 と、第 4 副光路 2 4 と、第 5 副光路 2 5 とを含む。

#### 【 0 0 2 8 】

主光路 2 0 と第 4 副光路 2 4 とは、第 5 光カプラ 3 5 および第 6 光カプラ 3 6 それぞれを介して互いに光結合されている。従って、第 4 副光路 2 4、第 5 光カプラ 3 5 および第 6 光カプラ 3 6、第 5 光カプラ 3 5 および第 6 光カプラ 3 6 間の主光路 2 0 は、第 3 マッハツェンダ干渉計を構成していることとなる。主光路 2 0 と第 5 副光路 2 5 とは、第 6 光カプラ 3 6 および第 7 光カプラ 3 7 それぞれを介して互いに光結合されている。従って、第 5 副光路 2 5、第 6 光カプラ 3 6 および第 7 光カプラ 3 7、第 6 光カプラ 3 6 および第 7 光カプラ 3 7 間の主光路 2 0 は、第 4 マッハツェンダ干渉計を構成していることとなる。

#### 【 0 0 2 9 】

ヒータ 5 1 は、第 1 光カプラ 3 1 と第 2 光カプラ 3 2 との間における主光路 2 0 上に設けられている。このヒータ 5 1 は、主光路 2 0 の温度を調整することにより、第 1 マッハツェンダ干渉計 4 1 における主光路 2 0 と第 1 副光路 2 1 との光路長差を調整して、第 1 マッハツェンダ干渉計 4 1 の透過特性を調整する。また、ヒータ 5 3 は、第 3 光カプラ 3 3 と第 4 光カプラ 3 4 との間における第 2 副光路 2 3 上に設けられている。このヒータ 5 3 は、第 2 副光路 2 3 の温度を調整することにより、第 2 マッハツェンダ干渉計 4 2 における主光路 2 0 と第 2 副光路 2 3 との光路長差を調整して、第 2 マッハツェンダ干渉計 4 2 の透過特性を調整する。ヒータ 5 2 は、第 3 副光路 2 2 上に設けられており、濾波器 4 3 と第 3 副光路 2 2 との間の位相ずれを補正するために用いられる。

#### 【 0 0 3 0 】

本実施形態に係る光フィルタ 1 の実施例について説明する。この実施例におい

ては、第 1 光カプラ 3 1、第 2 光カプラ 3 2、第 3 光カプラ 3 3 および第 4 光カプラ 3 4 の結合率はそれぞれ 0.5 となっている。また、第 1 光カプラ 3 1 および第 2 光カプラ 3 2 間の、主光路 2 0 および第 1 副光路の光路長差は  $0 \mu\text{m}$  であり、第 3 光カプラ 3 3 および第 4 光カプラ 3 4 間の、主光路 2 0 および第 2 副光路 2 3 の光路長差も  $0 \mu\text{m}$  である。

### 【0031】

濾波器 4 3 の第 5 光カプラ 3 5 の結合率は 0.05、第 6 光カプラ 3 6 の結合率は 0.13、第 7 光カプラ 3 7 の結合率は 0.05 となっている。第 5 光カプラ 3 5 および第 6 光カプラ 3 6 間の、主光路 2 0 および第 4 副光路 2 4 の光路長差は  $36.0 \mu\text{m}$  であり、第 6 光カプラ 3 6 および第 7 光カプラ 3 7 間の、主光路 2 0 および第 5 副光路 2 5 の光路長差は  $37.8 \mu\text{m}$  である。

### 【0032】

一般にヒータ付マッハツェンダ干渉計の光透過率  $T$  は、

【数 1】

$$T = P_{\text{out}} / P_{\text{in}} = 1 - 2C(1 - 2C)(1 + \cos \Delta \phi)$$

なる式で表される。ここで、 $P_{\text{out}}$  は入射光パワー、 $P_{\text{in}}$  は出射光パワー、 $C$  は光カプラの結合率、 $\Delta \phi$  はヒータ熱による位相シフト量を示している。結合率  $C$  を 0.5 とした場合に、 $\Delta \phi$  の調整により光透過率  $T$  を 0 から 1 の範囲で任意に調整できる。

### 【0033】

例えば、ヒータ 5 1 の位相シフト量  $\Delta \phi 1$ 、ヒータ 5 3 の位相シフト量  $\Delta \phi 3$  をそれぞれ 0 とすると、光透過率  $T$  は 0 となり、光入力端 1 1 から入射した光は全て第 3 副光路 2 2 を伝搬して光出力端 1 2 から出力される。一方、ヒータ 5 1 の位相シフト量  $\Delta \phi 1$ 、ヒータ 5 3 の位相シフト量  $\Delta \phi 3$  をそれぞれ  $180^\circ$  とすると、光透過率  $T$  は 1 となり、光入力端 1 1 から入射した光は全て濾波器 4 3 を通過して光出力端 1 2 から出力される。このように、ヒータ 5 1 の位相シフト量  $\Delta \phi 1$  およびヒータ 5 3 の位相シフト量  $\Delta \phi 3$  を、0 から  $180^\circ$  の範囲で調整することにより、マッハツェンダ干渉計の分岐比を任意に調整できる。従って、濾波器 4 3 により生じる波長依存性をもった損失の振幅を任意に調整できる。

## 【 0 0 3 4 】

図 2 に、ヒータ 5 1 の位相シフト量  $\Delta \phi 1$ 、ヒータ 5 3 の位相シフト量  $\Delta \phi 3$  をそれぞれ調整した場合の損失－波長特性を示す。例えば、図 8 における  $P_{in} = -23 \text{ dBm}$  の入射光パワーの場合には、 $\Delta \phi 1 = \Delta \phi 3 = 0^\circ$  とすれば、特に広帯域信号波長域の場合において利得偏差の変化を補償できる。本実施形態においては、濾波器 4 3 として 2 段のマッハツェンダ干渉計を設けたが、3 段以上のマッハツェンダ干渉計を設けるようにしてもよい。3 段以上の多段のマッハツェンダ干渉計を設ければ、より高精度の利得補償が可能となる。

## 【 0 0 3 5 】

図 3 は、本実施形態の光フィルタの変形例を示したものである。図 2 に示す光フィルタ 2 は、図 1 に示す光フィルタ 1 の濾波器 4 3 を濾波器 4 4 と置換し、ヒータ 5 2 を除去したものである。濾波器 4 4 は、主光路 2 0 にグレーティング 2 0 a を設けることによって構成されている。このグレーティング 2 0 a は、光フィルタ 2 に要求される波長特性に応じて設けられ、高精度な利得補償が可能となる。

## 【 0 0 3 6 】

## (第 2 実施形態)

本発明の第 2 実施形態における光フィルタ（光部品）について説明する。図 4 は、第 2 実施形態における光フィルタ 3 の構成を示した図である。光フィルタ 3 は、基板 1 0 上に形成された平面光導波路回路であって、主光路 2 0 と、第 1 副光路 2 1 と、第 2 副光路 2 3 と、ヒータ 5 1（第 1 温度調整手段）と、ヒータ 5 3（第 2 温度調整手段）と、濾波器（第 1 フィルタ回路部）4 5、濾波器（第 2 フィルタ回路部）4 6 と、第 3 副光路 2 2 と、を含む。第 1 マッハツェンダ干渉計 4 1 および第 2 マッハツェンダ干渉計 4 2 の構成は第 1 実施形態と同様であるので説明を省略する。

## 【 0 0 3 7 】

濾波器 4 5 および濾波器 4 6 は、それぞれ異なる損失スペクトルを持つ光フィルタ回路として構成されている。濾波器 4 5 は、グレーティング 4 5 a を含んでいる。図 5 (a) にグレーティング 4 5 a の損失スペクトルを示す。図 5 (a)

に示すように、グレーティング 4 5 a は、1 5 3 4 n m から 1 5 5 8 n m の波長帯域に対応する挿入損失を有しており、1 5 4 0 n m の波長付近において挿入損失がピークを有している。

#### 【 0 0 3 8 】

濾波器 4 6 は、グレーティング 4 6 a を含んでいる。図 5 ( b ) にグレーティング 4 6 a の損失スペクトルを示す。図 5 ( b ) に示すように、グレーティング 4 6 a は、1 5 3 4 n m よりも短波長側と、1 5 5 8 n m よりも長波長側とに対応する挿入損失を有しており、グレーティング 4 5 a と相互に補完する関係になっている。

#### 【 0 0 3 9 】

ヒータ 5 1 の位相シフト量  $\Delta \phi 1$ 、ヒータ 5 3 の位相シフト量  $\Delta \phi 3$  をそれぞれ調整した場合には、濾波器 4 5 および濾波器 4 6 へ分岐される光の割合が変化する。例えば、 $\Delta \phi 1 = \Delta \phi 3 = 0^\circ$  とすれば、濾波器 4 6 にのみ光が分岐されるので、光フィルタ 3 の損失－波長特性は、図 5 ( b ) の損失－波長特性と同じくなる。逆に、 $\Delta \phi 1 = \Delta \phi 3 = 180^\circ$  とすれば、濾波器 4 5 にのみ光が分岐されるので、光フィルタ 3 の損失－波長特性は、図 5 ( a ) の損失－波長特性と同じくなる。

#### 【 0 0 4 0 】

図 6 ( a ) には、 $\Delta \phi 1 = \Delta \phi 3 = 45^\circ$  の場合の光フィルタ 3 の損失－波長特性を示す。図 6 ( b ) には、 $\Delta \phi 1 = \Delta \phi 3 = 90^\circ$  の場合の光フィルタ 3 の損失－波長特性を示す。図 6 ( c ) には、 $\Delta \phi 1 = \Delta \phi 3 = 135^\circ$  の場合の光フィルタ 3 の損失－波長特性を示す。図 6 ( a ) から図 6 ( b ) に示すように、ヒータ 5 1 の位相シフト量  $\Delta \phi 1$ 、ヒータ 5 3 の位相シフト量  $\Delta \phi 3$  をそれぞれ調整することで、光フィルタ 3 の挿入－損失特性を変化させることができる。この二つの異なる濾波器のもつ損失スペクトルの振幅比率を変える方法は、ピークロスが低く、雑音特性および励起効率の観点から望ましいものである。

#### 【 0 0 4 1 】

第 1 実施形態の光フィルタ 1 および光フィルタ 2、第 2 実施形態の光フィルタ 3 は、光伝送システムを構成する光増幅器モジュールに適用することができる。

図 9 に光増幅器モジュール 1 0 0 の構成を示す。光増幅器モジュール 1 0 0 は、伝送路上に可変利得等化器 2 0 0 と直列に配置されている。光増幅器モジュール 1 0 0 は、光入力端 1 1 0 から光出力端 1 1 1 に向かって順に、アイソレータ 1 0 3 a、光カップラ 1 0 8 a、増幅用光ファイバ 1 0 1 a、アイソレータ 1 0 3 b、光フィルタ 1 0 6、光カップラ 1 0 8 b、増幅用光ファイバ 1 0 1 b、光カップラ 1 0 3 c、アイソレータ 1 0 3 c、固定利得等化器 1 0 4、波長分散補償光ファイバ 1 0 5、アイソレータ 1 0 3 d、光カップラ 1 0 8 d、増幅用光ファイバ 1 0 1 c、光カップラ 1 0 8 e、アイソレータ 1 0 3 e が設けられている。また、適宜受光素子 1 0 7 a から 1 0 7 e が、光モニタ用として設けられている。

#### 【 0 0 4 2 】

アイソレータ 1 0 3 a から 1 0 3 e のそれぞれは、順方向に光を通過させるが、逆方向には光を遮断する。増幅用光ファイバ 1 0 1 a から 1 0 1 c は、希土類元素として E r 元素がコア領域に添加された光ファイバが好適に用いられる。

#### 【 0 0 4 3 】

光カップラ 1 0 8 a から 1 0 8 e には、励起光源 1 0 2 a から 1 0 2 f が接続されている。励起光源 1 0 2 a から 1 0 2 f は、増幅用光ファイバ 1 0 1 a から 1 0 1 c といった部分に励起光を供給するための光源である。本実施形態の場合には、励起光源 1 0 2 a は、励起光の波長が  $0.98 \mu\text{m}$  であり、励起光源 1 0 2 b から 1 0 2 f は、励起光の波長が  $1.48 \mu\text{m}$  である。

#### 【 0 0 4 4 】

光フィルタ 1 0 6 としては、上述の実施形態の光フィルタ 1 から 3 が用いられる。図 9 に示す例においては、伝送路に設けられる光増幅器モジュール 1 0 0 を含む各光増幅器モジュールの直線的動的利得傾斜は、複数の中継区間ごとに設けられた可変利得等化器 2 0 0 で集中して補償する。また、光増幅器モジュール 1 0 0 の内部では、固定利得等化器 1 0 4 と光フィルタ 1 0 6（光フィルタ 1 から 3）とを用いて利得平坦化を果たすことができる。このような光増幅器モジュール 1 0 0 は、スパンロス変動の少ない伝送線路を使ったシステムに適する。

#### 【 0 0 4 5 】

図 1 0 に光フィルタ 1 から 3 を適用した別の例である、光増幅器モジュール 3

00の構成を示す。光増幅器モジュール300と光増幅器モジュール100との相違点は、アイソレータ103bと光カプラ108との間に可変利得等化器109を配置し、増幅用光ファイバ101cを増幅用光ファイバ101dおよび増幅用光ファイバ101eに分割し、増幅用光ファイバ101cと増幅用光ファイバ101dとの間に光フィルタ106を配置している点である。このように光フィルタ106を配置したのは、可変利得等化器109を光増幅器モジュール300内に設けることにより挿入損が増加することに対応するためである。このような光増幅器モジュール300は、スパンロス変動の比較的大きい伝送線路を使ったシステムに適する。

#### 【0046】

第1実施形態の光フィルタ1および光フィルタ2、第2実施形態の光フィルタ3は、光伝送システム400に適用することもできる。図11に光伝送システム400の構成を示す。光伝送システム400は、光送信器401と光受信器402とを終端に備え、伝送路中には光増幅器403aから403eを備える。更に、光増幅器403aと光増幅器403bとの間には可変利得等化器404aを、光増幅器403cと光増幅器403dとの間には可変利得等化器404bをそれぞれ備える。また、光増幅器403bと光増幅器403cとの間には、上述の実施形態の光フィルタ1から3が適用される光フィルタ405を備える。

#### 【0047】

図11に示すように、光増幅器403aから403e間の伝送路上に光フィルタ405を配置する場合には、スパンロスが比較的軽微であることが好ましい。また、可変利得等化器404aおよび404bと、光フィルタ405とを隣接させて配置すると、一箇所に挿入損失が集中することとなり雑音特性上望ましくないので、図11の例のように分散して配置する構成が好ましい。

#### 【0048】

上述の実施形態においては、ヒータ51およびヒータ53による温度調整により、第1マッハツェンダ干渉計41および第2マッハツェンダ干渉計42それぞれの透過特性が調整される。この調整を濾波器43から46のそれぞれの挿入損失に基づいて行えば、濾波器43から46に伝搬する入射光の全入射光に対する

割合を適切に調整することが可能になる。従って、濾波器 4 3 から 4 6 の挿入損失に基づいたヒータ 5 1 およびヒータ 5 3 による温度調整を行えば、所定波長に応じた損失形状の設定が可能となる。

## 【 0 0 4 9 】

光フィルタ 1 においては、第 4 副光路 2 4 と、第 5 光カップラ 3 5 および第 6 光カップラ 3 6 の間の主光路 2 0 とにおける光路長がそれぞれ異なり、第 5 副光路 2 5 と、第 6 光カップラ 3 6 および第 7 光カップラ 3 7 の間の主光路とにおける光路長がそれぞれ異なるように構成されているので、挿入損失を簡便に設定することができる。

## 【 0 0 5 0 】

光フィルタ 2 においては、濾波器 4 4 はグレーティング 2 0 a を含むので、そのグレーティング 2 0 a によって濾波器 4 4 の挿入損失を設定でき、より高精度の挿入損失の設定が可能となる。

## 【 0 0 5 1 】

光フィルタ 3 においては、第 1 マッハツェンダ干渉計 4 1 および第 2 マッハツェンダ干渉計 4 2 それぞれの透過特性の調整を、濾波器 4 5 および濾波器 4 6 の挿入損失スペクトルに基づいて行うので、濾波器 4 5 および濾波器 4 6 それぞれに伝搬する入射光の全入射光に対する割合を適切に調整することが可能になる。従って、2 つの異なる損失スペクトルの振幅比率を変えることが可能となる。

## 【 0 0 5 2 】

光フィルタ 3 においては、濾波器 4 5 はグレーティング 4 5 a を含み、濾波器 4 6 はグレーティング 4 6 a を含むので、グレーティングによって挿入損失スペクトルを設定できるので、より高精度の挿入損失スペクトルの設定が可能となる。

## 【 0 0 5 3 】

また、上述の図 3 に示す濾波器 4 4、図 4 に示す濾波器 4 5、4 6 に代えて、ファブリペローエタロンや、光格子型素子といった干渉型デバイスを濾波器として用いてもよい。ファブリペローエタロンとしては、光軸に対して傾きを調整可能なものが用いられる。より具体的には、光軸と交わる両面に反射率 R のコーテ

イングを施してあるガラス膜で構成されるファブリペローエタロンを、光軸に対して傾けることが可能なように配置することで実現される。このファブリペローエタロンは、透過スペクトル関数  $T(\lambda)$  が、

【数 2】

$$T(\lambda) = \frac{1}{1 + \frac{2R}{(1-R)^2} (1 - \cos(\frac{4\pi nd \cos \theta}{\lambda}))}$$

となる。なお、 $R$  は反射率、 $n$  は屈折率、 $d$  はファブリペローエタロンの厚み、 $\theta$  はファブリペローエタロンの光軸に対する傾きである。従って、このファブリペローエタロンは、光軸に対して傾けることで波長方向にシフト可能な正弦波スペクトルを容易に実現できる。ファブリペローエタロンを濾波器として用いた場合には、構成が簡単で安価に光フィルタを作成できる。

【0054】

光格子型素子としては、偏波分離カプラと分離後の一方の光経路に複屈折率板、楔形素子を複数段組み合わせたものが用いられる。このような光格子型素子の例は、M. Fukutoku, et al., "OAA1996, Tech. Dig, FA4" に記載されている。この光格子型素子によれば、波長方向にシフト可能な正弦波関数的ロススペクトルを実現することができ、更にそのロスの振幅も可変にできる。更に、光格子型素子で、複屈折率板を液晶に置き換えても同等の効果が得られる。光格子型素子を濾波器として用いた場合には、全長が 70 mm から 80 mm 程度になるように濾波器を小型化できる。

【0055】

【発明の効果】

本発明によれば、第 1 温度調整手段および第 2 温度調整手段による温度調整により、第 1 マッハツェンダ干渉計および第 2 マッハツェンダ干渉計それぞれの透過特性が調整される。この調整を濾波器の挿入損失に基づいて行えば、濾波器に伝搬する入射光の全入射光に対する割合を適切に調整することが可能になる。従って、濾波器の挿入損失に基づいた第 1 温度調整手段および第 2 温度調整手段に

よる温度調整を行えば、所定波長に応じた損失形状の設定が可能となる。従って本発明の目的とする、より高度に利得傾斜の補償が可能な、光部品、光増幅器モジュールおよび光伝送システムを提供することができた。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の実施形態である光フィルタの構成を示した図である。

【図 2】

本発明の実施形態である光フィルタの損失－波長特性を示した図である。

【図 3】

本発明の実施形態である光フィルタの構成を示した図である。

【図 4】

本発明の実施形態である光フィルタの構成を示した図である。

【図 5】

本発明の実施形態である光フィルタの損失－波長特性を示した図である。

【図 6】

本発明の実施形態である光フィルタの損失－波長特性を示した図である。

【図 7】

入射光パワーに依存した利得変化と、直線補償を示した図である。

【図 8】

直線補償後の利得偏差を示した図である。

【図 9】

本発明の実施形態である光フィルタを適用した光増幅器モジュールを示した図である。

【図 1 0】

本発明の実施形態である光フィルタを適用した光増幅器モジュールを示した図である。

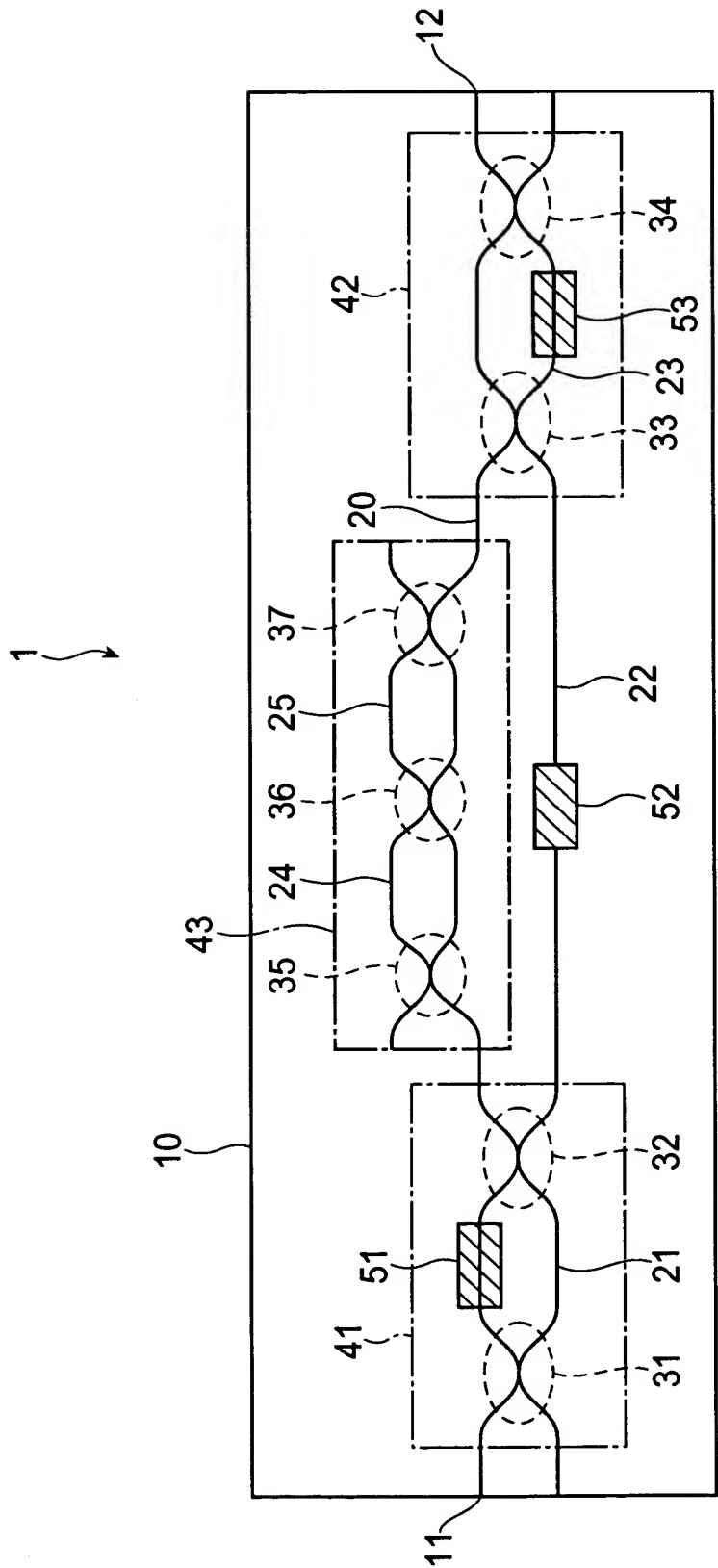
【図 1 1】

本発明の実施形態である光フィルタを適用した光伝送システムを示した図である。

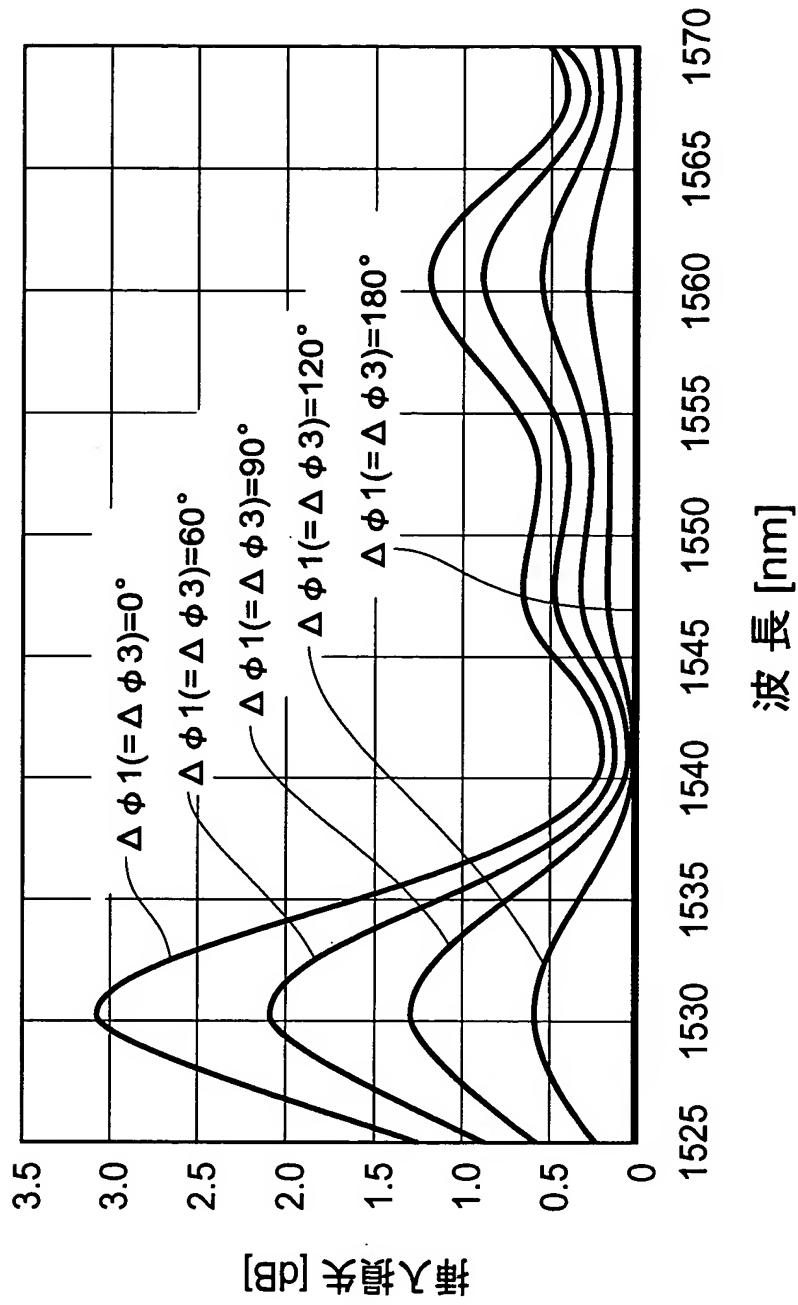
【符号の説明】

1 … 光フィルタ、 1 0 … 基板、 1 1 … 光入力端、 1 2 … 光出力端、 2 0 … 主光路、 2 1 … 第 1 副光路、 2 2 … 第 3 副光路、 2 3 … 第 2 副光路、 2 4 … 第 4 副光路、 2 5 … 第 5 副光路、 3 1 … 第 1 光カプラ、 3 2 … 第 2 光カプラ、 3 3 … 第 3 光カプラ、 3 4 … 第 4 光カプラ、 3 5 … 第 5 光カプラ、 3 6 … 第 6 光カプラ、 3 7 … 第 7 光カプラ、 4 1 … 第 1 マッハツェンダ干渉計、 4 2 … 第 2 マッハツェンダ干渉計、 4 3 … 濾波器。

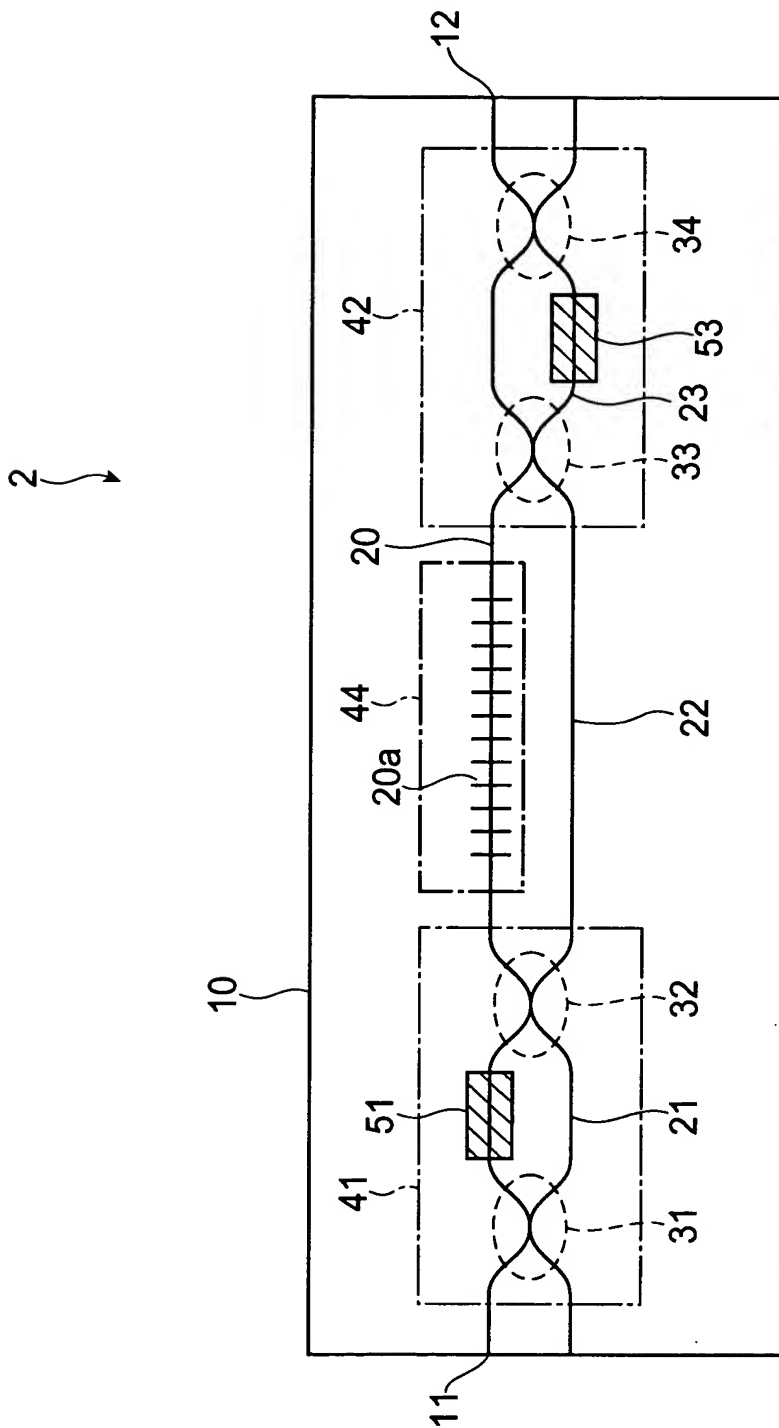
【書類名】 図面  
【図 1】



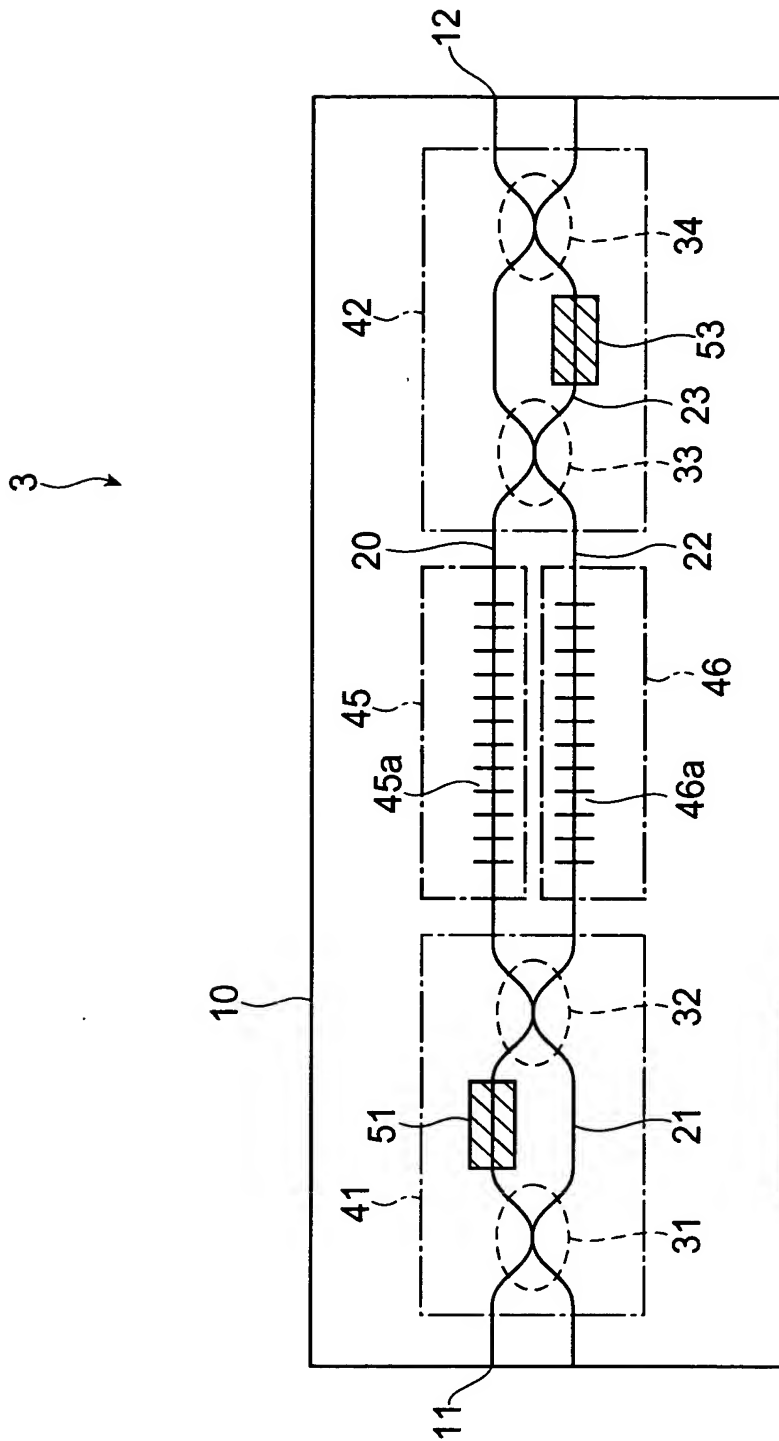
【図 2】



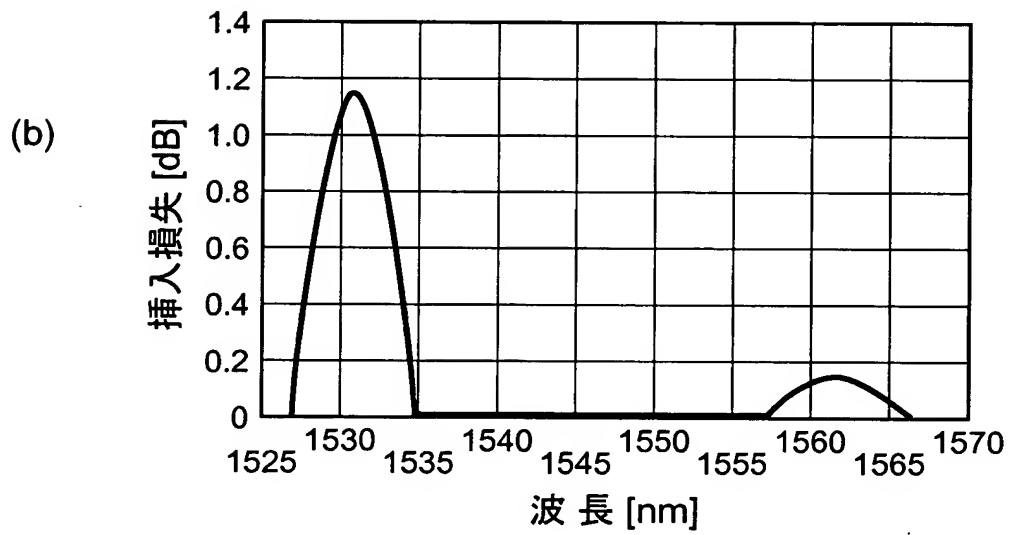
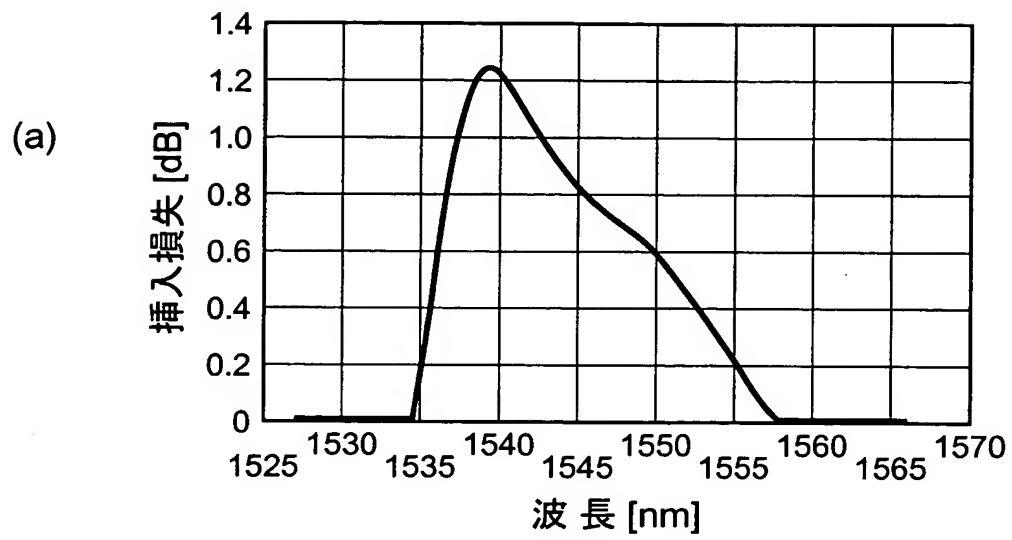
【図 3】



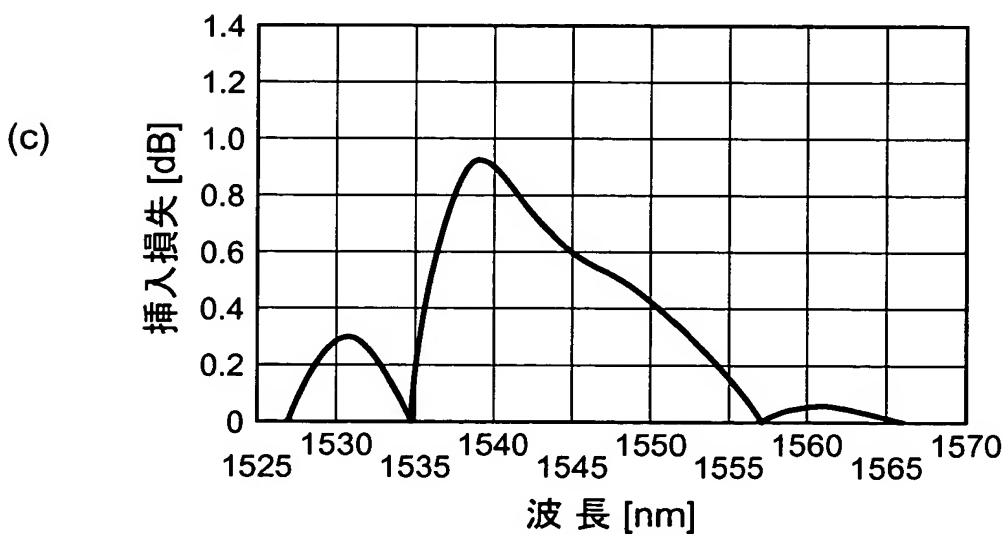
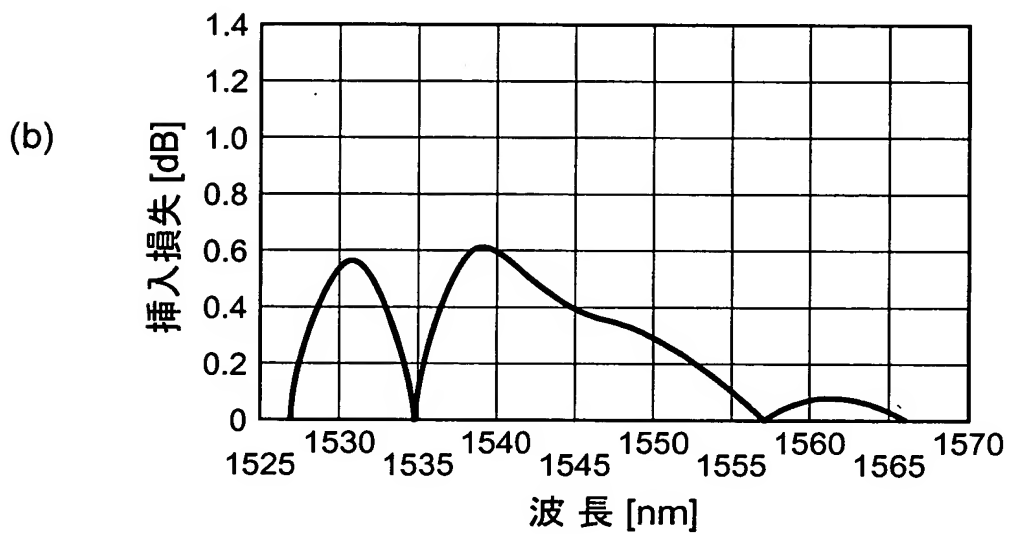
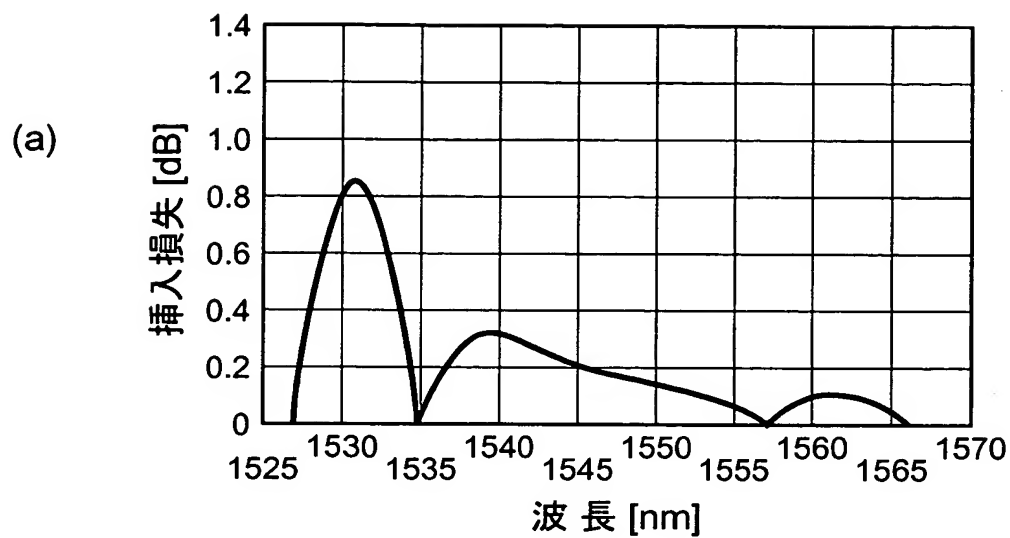
【図 4】



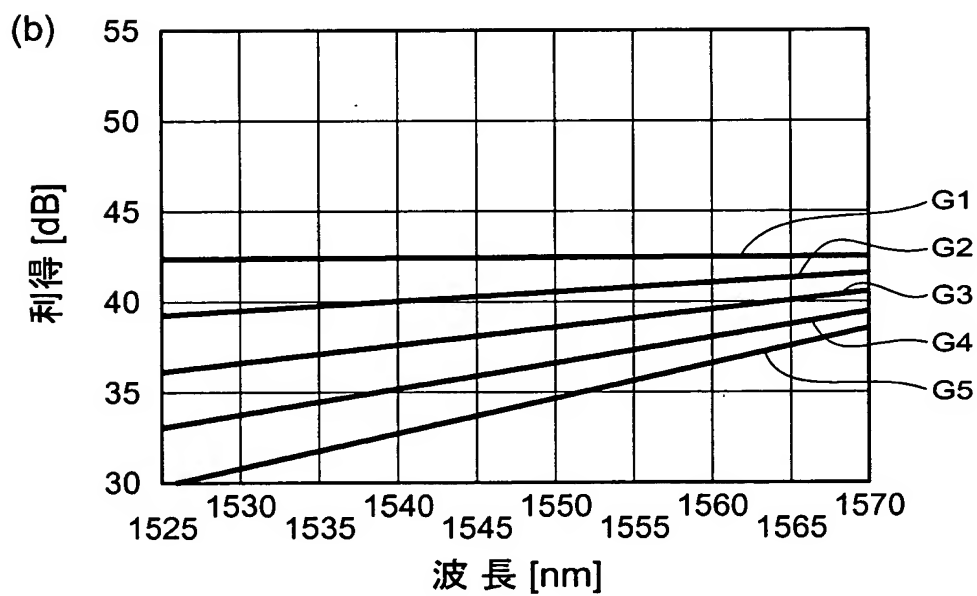
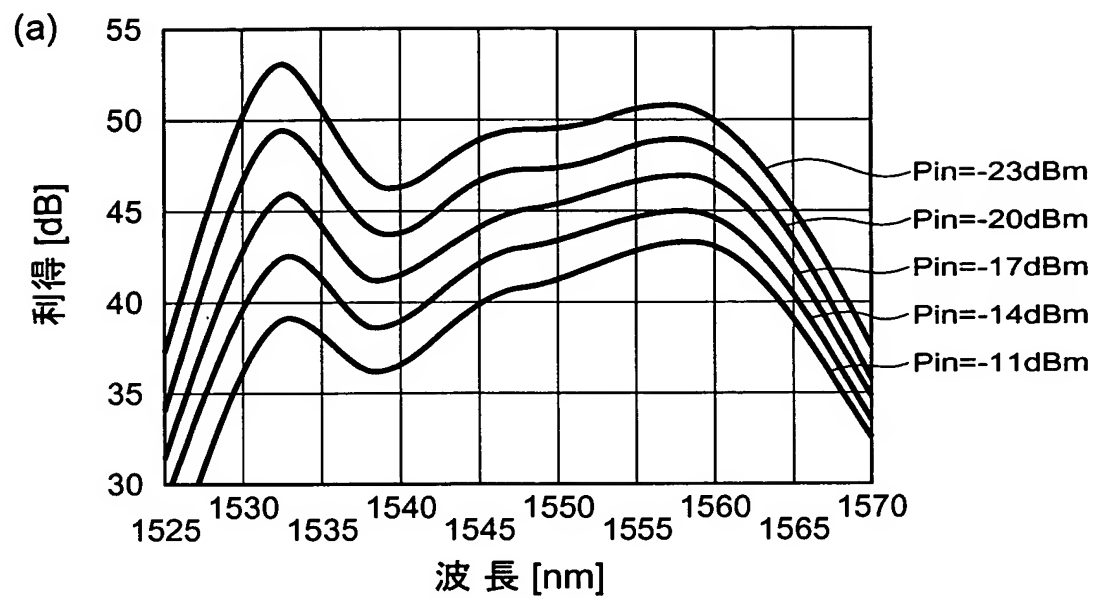
【図 5】



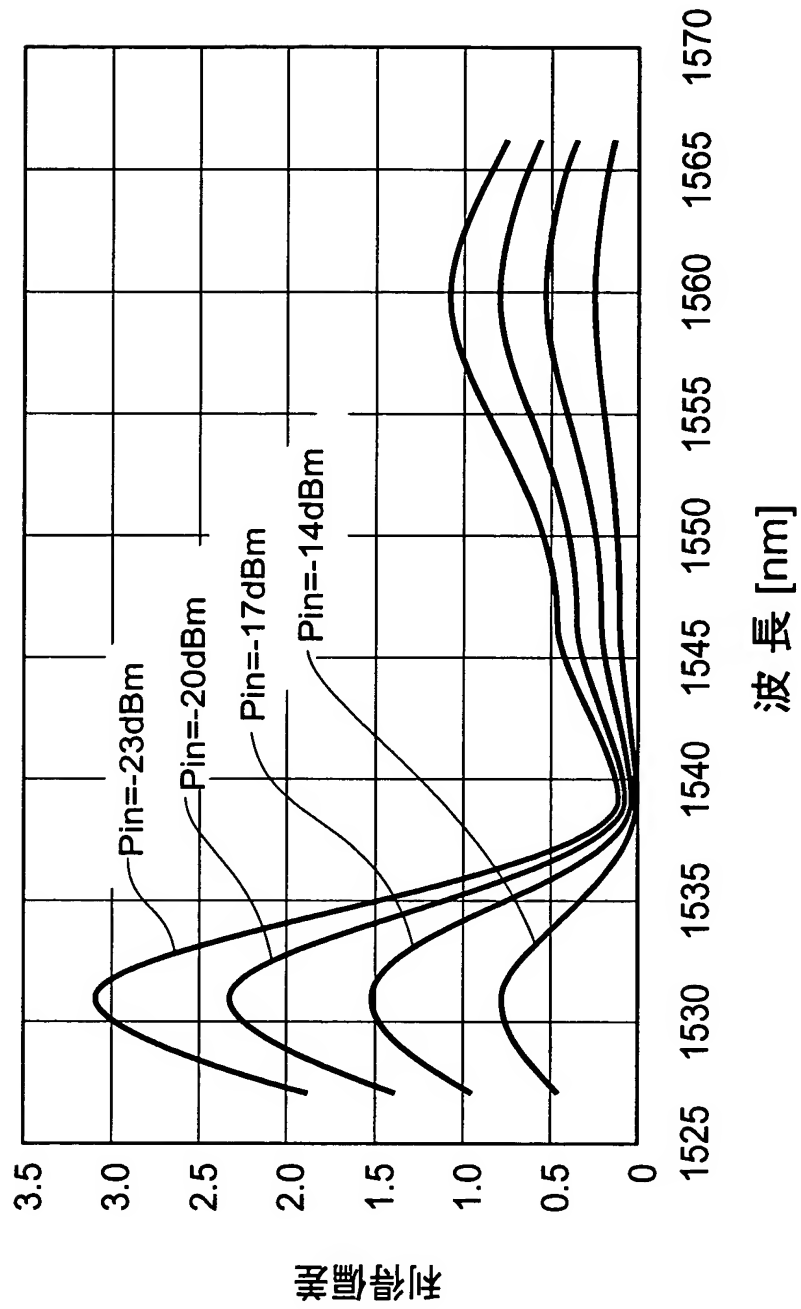
【図 6】



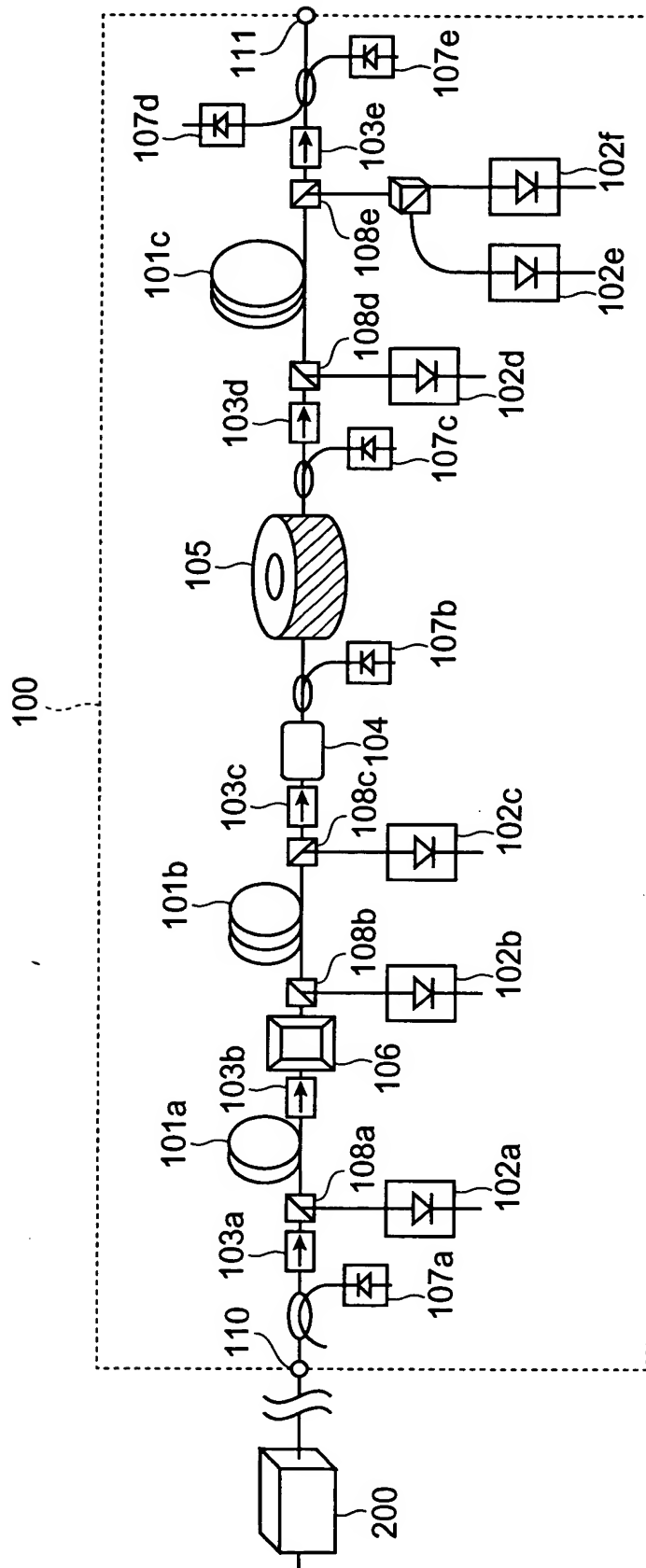
【図 7】



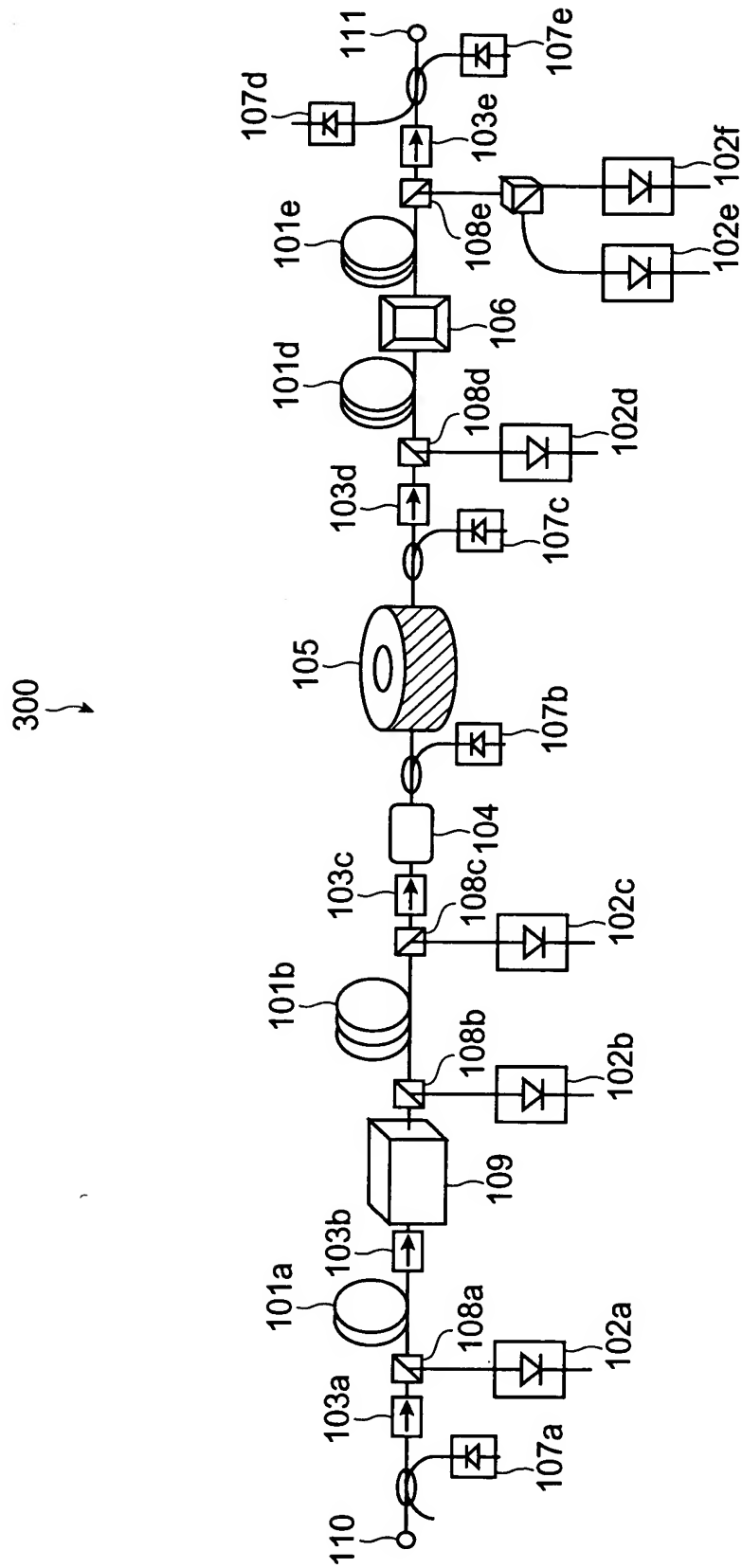
【図 8】



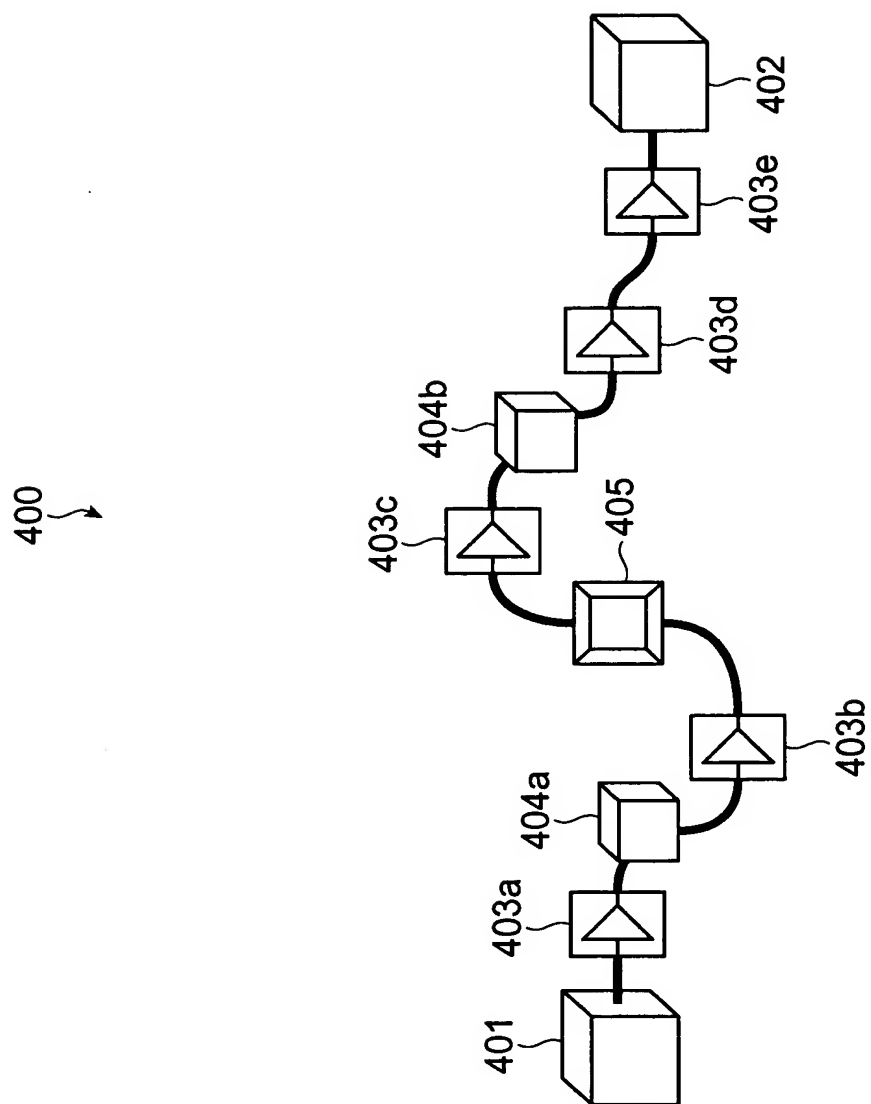
【図 9】



【図 1 0】



【図 1 1】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 より高度に利得傾斜の補償が可能な、光部品、光増幅器モジュールおよび光伝送システムを提供すること。

【解決手段】 この光フィルタ 1 は、主光路 2 0 と、第 1 マッハツェンダ干渉計 4 1 と、第 2 マッハツェンダ干渉計 4 2 と、第 1 マッハツェンダ干渉計 4 1 における主光路 2 0 および第 1 副光路 2 1 の少なくとも一方の温度を調整するヒータ 5 1 と、第 2 マッハツェンダ干渉計 4 2 における主光路 2 0 および第 2 副光路 2 3 の少なくとも一方の温度を調整するヒータ 5 3 と、第 1 マッハツェンダ干渉計 4 1 および第 2 マッハツェンダ干渉計 4 2 の間に配置される濾波器 4 3 とを含み、濾波器 4 3 は波長依存性のある挿入損失を有し、濾波器 4 3 の挿入損失に基づいたヒータ 5 1 およびヒータ 5 3 による温度調整により、所定の波長帯域中の所定波長における光入力端と光出力端との間の光の損失を設定することが可能である。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 0 0 2 1 3 0 ]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[変更理由] 新規登録

住 所 大阪府大阪市中央区北浜四丁目 5 番 3 3 号

氏 名 住友電気工業株式会社